

Pemanfaatan Sistem Photovoltaic untuk Catu Daya Repeater Radio PLN

Suhardhika Sih Sudewanto¹; Erwin S. Kalatiku²

¹ PLN UPDL Pandaan

² PLN UP2B Sistem Makassar

¹ suhardhika@gmail.com

² erwin.kalatiku@gmail.com

ABSTRACT

The utilization of radio communication is one of several means to carry out electricity network coordination. The establishment of radio repeater is mandatory to cover vast areas of electricity system nodes. The radiation of a radio system is generally restricted by the contour of the terrain. The optimal location for radio repeater is usually situated in an isolated area, away from society. This will cause a problem in acquiring power supply from the local grid. This problem can be solved by harnessing solar power to energize the photovoltaic system. The implementation of the photovoltaic system will be done by performing load calculations of radio repeater equipment, determining the components needed, and executing site installation. With calculation result of 6,3 Days of Autonomy, the photovoltaic system is believed to be robust enough to increase the effectiveness of radio repeater operation.

Keywords: radio repeater, power supply, photovoltaic system

ABSTRAK

Salah satu cara untuk melaksanakan koordinasi jaringan tenaga listrik adalah dengan memanfaatkan sistem komunikasi radio. Untuk menjangkau daerah kerja yang luas, diperlukan repeater radio. Jangkauan repeater radio pada umumnya dibatasi oleh letak geografis. Lokasi repeater radio yang optimal, kebanyakan berada di daerah bukit atau pegunungan. Lokasi ini sebagian besar terletak di daerah yang jauh dari masyarakat. Hal ini menyebabkan kesulitan dalam memperoleh catu daya dari jaringan listrik setempat. Kesulitan ini dapat diatasi dengan memanfaatkan matahari sebagai sumber energi pada sistem photovoltaic. Implementasi sistem photovoltaic dilakukan melalui metode perhitungan beban peralatan di repeater radio, penentuan alat yang dibutuhkan dan pemasangan peralatan di lapangan. Dengan hasil perhitungan Days of Autonomy selama 6,3 hari, sistem photovoltaic dinilai sudah cukup bagus, sehingga dapat meningkatkan efektivitas operasi repeater radio.

Kata kunci: repeater radio, catu daya, sistem photovoltaic

1. PENDAHULUAN

PLN Unit Penyaluran dan Pengatur Beban (UP2B) Sistem Makassar memanfaatkan komunikasi radio untuk melaksanakan koordinasi sistem tenaga listrik di wilayah Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat. Radio dianggap sangat efektif karena biayanya murah dan mudah untuk diimplementasikan. Selain itu, sistem ini sifatnya independen terhadap jaringan komunikasi yang lain seperti internet ataupun jaringan *Global System for Mobile Communication (GSM)*. PLN UP2B Sistem Makassar membangun repeater radio di puncak Mattirowalie pada ketinggian 789 meter di atas permukaan laut untuk menjangkau semua titik koordinasi.

Puncak Mattirowalie adalah salah satu puncak dari deretan pegunungan Bulusaraung di Kecamatan Palanro, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan dan mempunyai jarak sekitar 15 kilometer dari jalan raya. Lokasi ini jauh dari pemukiman penduduk dan fasilitas publik sehingga sulit untuk mendapat catu daya untuk peralatan radio dari jaringan listrik setempat.

Untuk mengatasi permasalahan catu daya, PLN UP2B Sistem Makassar memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi sistem *photovoltaic (PV)*. Sistem PV sebagai catu daya di daerah terpencil sudah banyak diimplementasikan di berbagai bidang, contohnya untuk pompa air [1], penerangan desa [2][3] maupun untuk komunikasi penanganan bencana alam [4]. Skala pemakaian tiap kebutuhan berbeda-beda. Untuk pompa air dan penerangan desa mempunyai skala pemakaian besar, karena konsumsi energi yang cukup tinggi, area operasi luas dan sifatnya terus-menerus. Sedangkan untuk komunikasi penanganan bencana alam mempunyai skala kecil, ringkas dan *portable* karena konsumsi energi kecil dan sifatnya insidental.

PLN UP2B Sistem Makassar menggunakan sistem PV skala kecil sebagai catu daya radio repeater. Sistem PV ini mempunyai skala kecil karena konsumsi energi cukup rendah dan lokasinya sempit. Walaupun skala kecil, sistem PV ini harus bisa beroperasi non-stop dan mampu bertahan minimal 3 hari tanpa sinar matahari. Pengoperasian sistem PV sebagai catu daya membutuhkan komponen utama panel *photovoltaic (PV)*, *Solar Charge Controller (SCC)*, battery, inverter dan pengamanan.

1.1. Panel Photovoltaic

Panel *photovoltaic (PV)* mengkonversi sinar matahari ke energi listrik dalam bentuk arus dan tegangan DC. Parameter untuk menyatakan lamanya penyinaran matahari maksimum (dalam jam) per hari dinyatakan dalam *Peak Sun Hours (PSH)*[5]. Satuan daya yang dipakai di panel PV adalah *Watt Peak (WP)*, tegangan PV tertinggi saat *open circuit* dinyatakan dengan *Voc* dan arus tertinggi saat *short circuit* dinyatakan sebagai *Isc*. Konfigurasi pada panel PV bisa menggunakan konfigurasi seri atau konfigurasi paralel. Konfigurasi seri akan menambah nominal tegangan pada arus tetap. Sedangkan konfigurasi paralel akan menambah nominal arus pada tegangan yang sama [6]. Tipe panel PV yang banyak dipakai saat ini adalah tipe *polikristalin*, *monokristalin* dan *thin film*.

1.2. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) berfungsi melakukan kontrol pengisian battery dengan melakukan *step down* tegangan dari output panel PV ke level tegangan battery. Bila battery sudah penuh, SCC akan menghentikan pengisian dan memasuki fase *floating charge* untuk tipe battery tertentu. Teknologi yang paling banyak dipakai SCC saat ini adalah *Pulse Width Modulation (PWM)*[7] dan *Maximum Power Point Tracking (MPPT)*[8].

1.3. Battery

Battery adalah media penyimpanan energi listrik yang diperoleh dari panel PV. Jenis battery yang bisa dipakai untuk sistem PV bervariasi, contohnya battery asam (tipe *flooded* ataupun *valve regulated*) dan battery lithium. Besarnya energi yang tersimpan dalam battery dinyatakan dalam *Ampere Hour (Ah)*. Ah dihitung berdasarkan arus dilepaskan (*discharge*) oleh battery selama 1 jam. Akan tetapi, pada saat *discharging*, battery dilarang mengalami pengosongan sampai 100%, karena berpengaruh pada *life cycle* battery. Batas pengosongan battery disebut dengan *Depth of Discharge (DoD)* [9][10]. DoD diekspresikan dalam persen. Semakin besar DoD yang diterapkan pada battery, *life cycle* nya akan semakin pendek [11].

1.4. Inverter

Inverter bertugas untuk mengkonversi arus dan tegangan DC ke AC. Inverter ada 2 jenis, yaitu inverter *on grid* (terkoneksi ke grid / PLN) dan inverter *off grid*. Satu daya yang dipakai di daerah terpencil menggunakan tipe inverter *off grid*. Bentuk gelombang output inverter ada 2, yaitu *Modified Sine Wave (MSW)* dan *Pure Sine Wave (PSW)*. Satuan daya yang dipakai oleh inverter adalah *Volt Ampere (VA)*.

1.5. Pengaman

Komponen pengaman yang dipakai adalah fuse dan *Mini Circuit Breaker (MCB)*. Komponen ini ditujukan untuk mengamankan rangkaian DC (panel PV dan battery) dan rangkaian AC (output inverter).

2. METODE IMPLEMENTASI CATU DAYA SISTEM PHOTOVOLTAIC

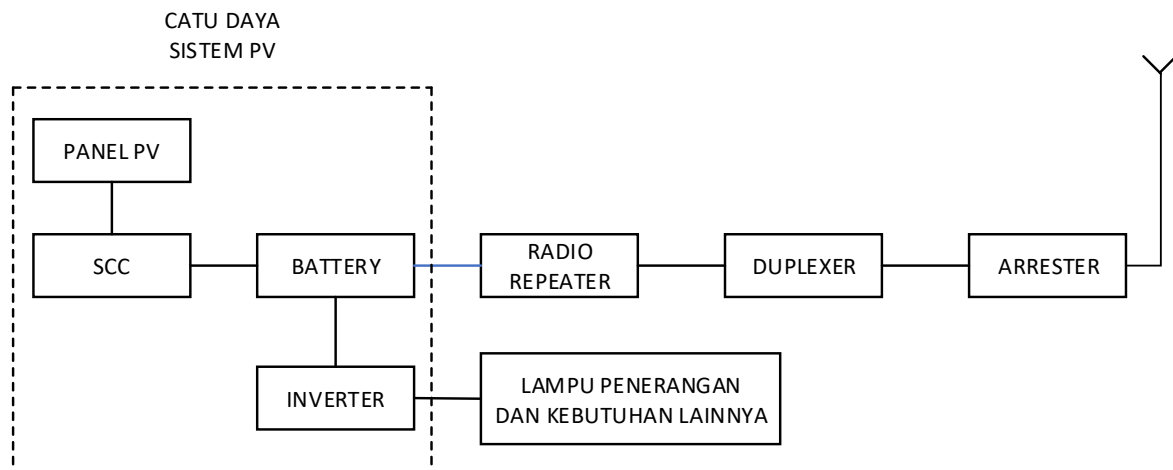
2.1. Perhitungan Beban Peralatan di Repeater Radio

Repeater radio memanfaatkan merk *Motorola* yang terdiri dari 2 buah radio yang berfungsi sebagai *receiver* dan *transmitter* [12]. Ketika beroperasi, radio repeater mengkonsumsi arus DC 8 A, dan saat *stand by* memakai arus DC 1 A. Peralatan lain yang ada di lokasi repeater adalah lampu penerangan 9 watt sebanyak 2 titik. Beban lampu ini hanya bekerja sore hari sampai pagi yang diatur oleh sensor cahaya. Beban lain untuk pekerjaan pemeliharaan sifatnya insidental, sehingga tidak dihitung sebagai beban harian. Perhitungan beban dilakukan secara manual.

2.2. Penentuan Peralatan yang Dibutuhkan

Peralatan yang disiapkan adalah perangkat radio repeater dan perangkat catu daya. Perangkat repeater menggunakan 2 radio yang berfungsi sebagai *receiver* dan *transmitter* yang dihubungkan ke *duplexer* sebelum masuk ke antena *omnidirectional*. Untuk mengurangi resiko kerusakan akibat petir, *lightning arrester (LA)* dipasang pada kabel yang menghubungkan antena dengan radio.

Perangkat catu daya memanfaatkan panel PV, inverter, SCC dan battery sebagai media penyimpanan energi listrik. Secara umum, energi dari sinar matahari, ditangkap oleh panel PV dan diteruskan ke ampere meter dan SCC. SCC berfungsi sebagai regulator energi antara PV dan battery. SCC menyesuaikan tegangan dan arus yang diterima dari PV untuk melakukan proses *charging* ke battery sesuai rating tegangan battery. Battery akan menjadi sumber energi untuk radio repeater dan beban lainnya. Radio repeater membutuhkan catu daya DC, sehingga tidak memerlukan inverter. Inverter hanya dipakai untuk menyalakan beban AC. Konfigurasi perangkat radio dan catu daya sesuai pada Gambar 1.



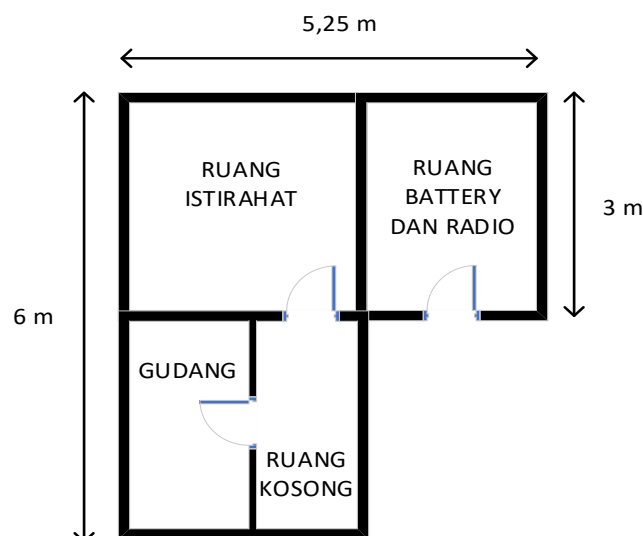
Gambar 1. Skema Radio dan Catu Daya Repeater Mattirowalie

2.3. Pemasangan Peralatan

Peralatan dipasang pada shelter repeater radio di puncak Mattirowalie. Total luas ruang shelter adalah 15,75 m². Luas ruangan khusus perangkat radio dan sistem PV adalah 7,5 m². Total luas atap shelter adalah 24,75 m². Panel PV dipasang pada atap shelter dengan frame tambahan agar tidak mudah diterbangkan oleh angin. SCC dan komponen pengaman dipasang di dalam *junction box* transparan untuk memudahkan monitoring, sedangkan battery dipasang pada rak khusus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

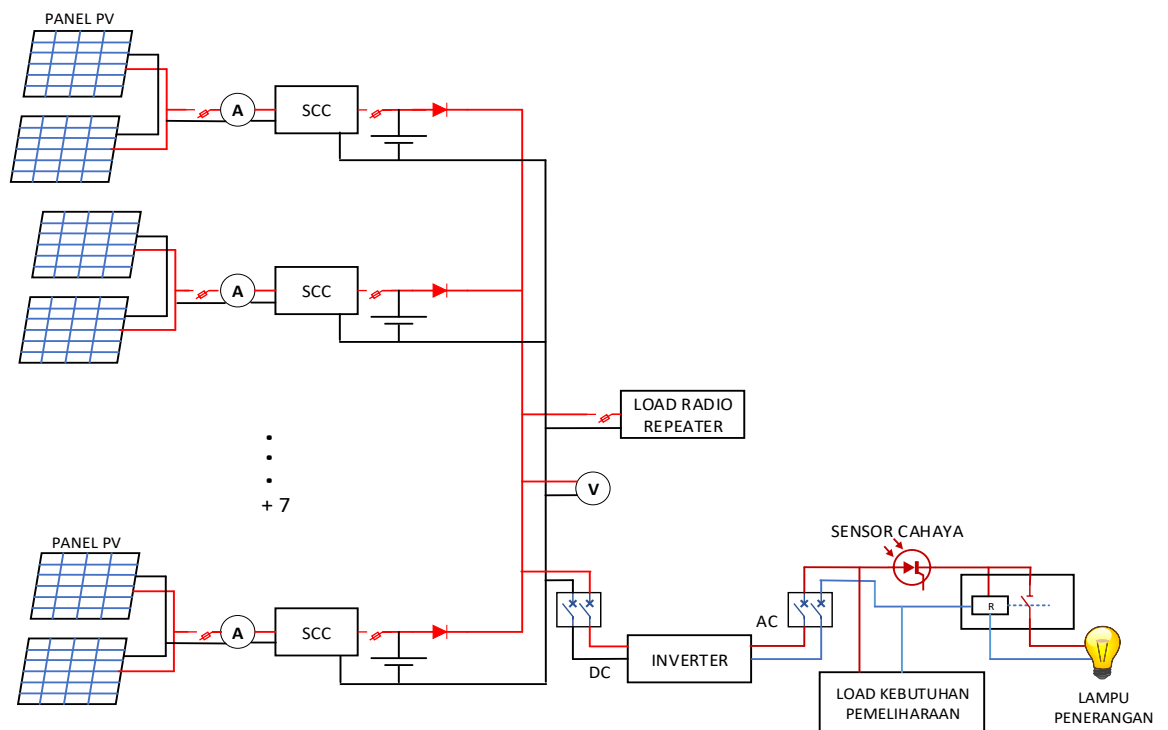
Shelter radio repeater Mattirowalie dibangun di bawah tower komunikasi setinggi 40 meter. Ukuran dan kondisi shelter di site dideskripsikan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Pemasangan peralatan catu daya sesuai dengan skema di Gambar 4.



Gambar 2. Ukuran Shelter Radio Repeater Mattirowalie



Gambar 3. Shelter Radio Repeater Mattirowalie Tampak Depan



Gambar 4. Skema Catu Daya Radio Repeater Mattirowalie

Catu daya di repeater Mattirowalie memanfaatkan 20 keping panel PV tipe *polikristalin*. Tiap keping mampu menghasilkan daya maksimal 40 Watt Peak dengan parameter $I_{sc} = 3,3 \text{ A}$, $V_{oc} = 18 \text{ V}$. Untuk menghitung jumlah energi yang diproduksi, perlu diketahui parameter lama penyinaran

matahari maksimum per hari atau *Peak Sun Hours (PSH)* di daerah tersebut. Produksi sistem PV dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Jumlah Daya Dihasilkan} = \text{Jumlah Panel PV} \times \text{Rating Daya Panel PV (watt)} \quad (1)$$

$$\text{Jumlah Energi Dihasilkan} = \text{Jumlah Daya Dihasilkan (watt)} \times \text{Peak Sun Hours (jam)} \quad (2)$$

Jumlah battery yang dipakai adalah 10 unit dengan rating tegangan 12 volt dan kapasitas 80 Ah. Semua battery dipasang dengan konfigurasi paralel agar arus yang bisa disimpan menjadi lebih besar [13]. Supaya awet, tingkat pengosongan battery atau *Depth of Discharge (DoD)* harus diperhatikan. Untuk battery jenis asam, biasanya energi yang dipakai atau tingkat pengosongannya di kisaran 50-70%. Jumlah kapasitas tersimpan di battery dengan konfigurasi paralel dan jumlah energi yang bisa dipakai dengan memperhatikan DoD, dapat dihitung dengan rumus berikut

$$\text{Kapasitas Battery Paralel} = \text{Kapasitas (Battery ke-1 + Battery ke-2 + Battery ke-n) (Ah)} \quad (3)$$

$$\text{Energi Dipakai Battery} = \% \text{ DoD} \times \text{Kapasitas Battery (Ah)} \times \text{Tegangan Sistem (V)} \quad (4)$$

SCC yang terpasang berjumlah 10 unit, dengan rating tegangan 12 volt dan arus 10 ampere. Semua SCC bertipe PWM [7]. Rating arus SCC harus bernilai di atas nominal arus *short circuit* panel PV. Setiap battery dan sepasang panel surya (paralel) terkoneksi dengan 1 SCC. Inverter memakai tipe keluaran PSW dengan rating 3000 VA. Kelengkapan tambahan yang diperlukan pada instalasi adalah diode, fuse, ampere meter, MCB DC, MCB AC, kontaktor, sensor cahaya, box panel, kabel untuk instalasi dan kabel grounding.

Radio repeater langsung mengambil energi listrik dari battery, sedangkan beban AC untuk lampu dan alat pemeliharaan mengambil dari output inverter. Beban alat pemeliharaan untuk kondisi harian tidak ada, sedangkan beban lampu diatur oleh sensor cahaya sebagai saklar, dimana lampu akan menyala otomatis bila tidak ada cahaya atau malam hari. Perhitungan beban radio (DC) dan lampu (AC) dilakukan dengan persamaan berikut.

$$\text{Beban Radio} = \text{Konsumsi Arus (A)} \times \text{Lama Pemakaian (hour)} \times \text{Tegangan Sistem (V)} \quad (5)$$

$$\text{Beban Lampu} = \text{Konsumsi Daya (watt)} \times \text{Lama Pemakaian (hour)} \quad (6)$$

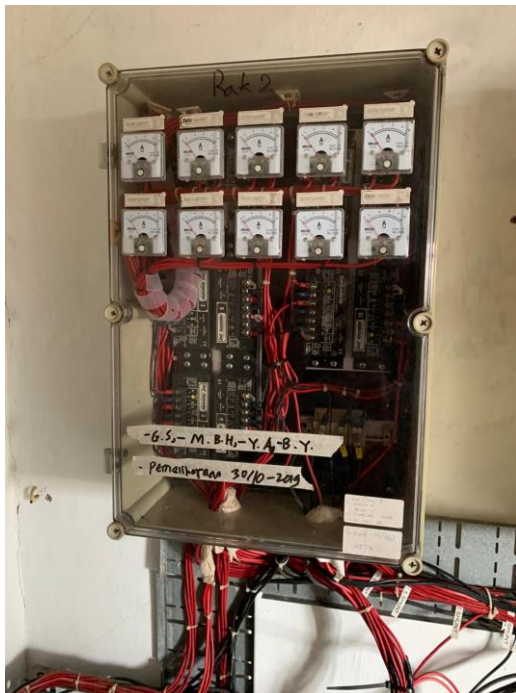
Keandalan catu daya sistem PV ditentukan oleh kemampuan beroperasi tanpa sinar matahari. Hal ini disebut dengan *Days of Autonomy* [5][14]. Days of Autonomy dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Days of Autonomy} = \text{Jumlah Energi Tersedia} / \text{Jumlah Konsumsi Beban per Hari} \quad (7)$$

Untuk keamanan, sebelum dan sesudah ampere meter dan SCC, ditambahkan fuse sebagai pengaman. Sebelum masuk ke radio juga dipasang fuse. Untuk inverter, dipasang MCB DC di input dan MCB AC di outputnya. Output battery ke arah beban dilengkapi oleh diode 20 Ampere supaya tidak ada arus balik ke rangkaian battery. Instalasi panel PV ditunjukkan oleh Gambar 5. Instalasi *indoor* untuk *junction box* dan battery dideskripsikan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 5. Lay Out Panel PV



Gambar 6. PV Junction Box



Gambar 7. Lay Out Battery

Daya maksimal yang dihasilkan oleh panel PV adalah $20 \text{ panel} \times 40 \text{ Watt} = 800 \text{ Watt}$. Dengan asumsi PSH di puncak Mattirowalie adalah 4 jam [15], kapasitas produksi sistem PV ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Produksi Energi Panel PV (Sistem 12 volt)

Kondisi	Daya Panel (W)	Lama <i>PSH</i> (hour)	Energi Produksi (Wh)
Produksi maksimum	800	4	3200
Asumsi Losses 20%	160	4	(640)
Total Produksi per Hari (Efisiensi 80%)			2560

UP2B Sistem Makassar memberikan informasi bahwa lama operasi radio repeater adalah 6 jam per hari. Lampu penerangan 2 titik sebesar 18 watt beroperasi dengan asumsi kondisi nyala 12 jam per hari. Lampu menyala dari jam 6 sore sampai dengan jam 6 pagi. Konsumsi radio repeater dan lampu penerangan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Konsumsi Operasi Radio dan Lampu Penerangan (Sistem 12 Volt)

Peralatan	Konsumsi Arus (A)	Lama Waktu (Hour)	Daya terpakai (Watt)	Kapasitas Pemakaian (Ah)	Energi Terpakai (Wh)
Radio saat aktif	8	6		48	576
Radio saat stand by	1	18		18	216
Lampu penerangan		12	18		216
Total Konsumsi per Hari					1008

Dari Tabel 1 dan Tabel 2, didapatkan selisih antara energi produksi dan energi terpakai sebesar $2560 \text{ Wh} - 1008 \text{ Wh} = 1552 \text{ Wh}$. Dengan konfigurasi 10 battery 80 Ah paralel dengan asumsi DoD 50%, maka *Days of Autonomy* bisa dihitung dengan $((50\% \times 800 \times 12) + 1552 \text{ Wh}) / 1008 \text{ Wh} = 6,3$ hari.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Repeater radio Mattirowalie membutuhkan catu daya khusus untuk peralatan radio dan lampu penerangan karena jauh dari instalasi listrik setempat. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa dengan memanfaatkan energi matahari dan battery, sistem catu daya PV mampu memperoleh nilai *Days of Autonomy* sebesar 6,3 hari. Dengan hasil ini, repeater radio Palanro dapat beroperasi secara optimal tanpa perlu khawatir akan kekurangan catu daya. Untuk meningkatkan *reliability*, kapasitas daya bisa ditambah dengan menambah panel surya. Untuk regulator pengisian battery, SCC bisa di upgrade ke model MPPT untuk menambah efisiensi produksi energi listrik [16][8]. Untuk keperluan pemantauan, bisa ditambahkan *real-time monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) [17].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. B. Kusuma, C. G. I. Partha, and I. W. Sukerayasa, "Perancangan Sistem Pompa Air Dc Dengan Plts 20 kWp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air," J. SPEKTRUM, vol. 7, no. 2, 2020.
- [2] N. Wahyuni, S. Syaifurrahman, and J. Islami, "Instalasi PLTS Skala Rumah Tangga dengan Lampu Led Dc Hemat Energi bagi Masyarakat Terpencil di Kabupaten Kubu Raya,

- Kalimantan Barat,” J-ABDIPAMAS (Jurnal Pengabd. Kpd. Masyarakat), vol. 3, no. 2, 2019, doi: 10.30734/j-abdipamas.v3i2.570.
- [3] H. A. S., “STUDI PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF TERBARUKAN BERBASIS SEL FOTOVOLTAIK UNTUK MENGATASI KEBUTUHAN LISTRIK RUMAH SEDERHANA DI DAERAH TERPENCIL,” AL-JAZARI J. Ilm. Tek. MESIN, vol. 3, no. 2, 2018, doi: 10.31602/al-jazari.v3i2.1624.
- [4] C. Mahardhika, M. Ramdhani, and D. A. Nurmantris, “Perancangan dan Implementasi Stasiun Radio Pancar Ulang Portabel frekuensi VHF untuk Bencana Alam,” Univ. Telkom, vol. 1, no. 2, pp. 1518–1526, 2015.
- [5] L. Pop and A. Dimi, *Solar Power Demystified*, Third Edit. Digital Publishing Ltd, 2019.
- [6] G. Eccleston, *Solar & 12 Volt Power For Beginners*. George Eccleston, 2018.
- [7] A. C. Vaz, C. Gurudas Nayak, and D. Nayak, “Pulse Width Modulation based Solar Charge Controller,” in *Proceedings of the 3rd International Conference on Electronics and Communication and Aerospace Technology, ICECA 2019*, Jun. 2019, pp. 1067–1071, doi: 10.1109/ICECA.2019.8822050.
- [8] T. Abuzairi, W. W. A. Ramadhan, and K. Devara, “Solar Charge Controller with Maximum Power Point Tracking for Low-Power Solar Applications,” *Int. J. Photoenergy*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/5026464.
- [9] M. I. Hlal, V. K. Ramachandaramurthy, A. Sarhan, A. Pouryekta, and U. Subramaniam, “Optimum battery depth of discharge for off-grid solar PV/battery system,” *J. Energy Storage*, vol. 26, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.est.2019.100999.
- [10] R. T. Jurnal, “Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai Plts,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 120–125, 2018, doi: 10.33322/energi.v9i2.48.
- [11] M. T. Ameli and A. Ameli, *Electric vehicles as means of energy storage*. Elsevier Inc., 2021.
- [12] R. W. Meister, “Motorola GM300 Information Page.” <http://www.repeater-builder.com/motorola/maxtrac/gm300-info.html> (accessed Nov. 17, 2021).
- [13] Sungkono, A. Murtono, I. Nugrahanto, J. T. Elektro, and P. N. Malang, “Analisa Beban Terhubung Solar Menengah Warung Internet,” pp. 135–150, 2019.
- [14] R. K. Satpathy and V. Pamuru, *Solar PV Power : Design, Manufacturing and Application From Sand to System*. Academic Press, 2020.
- [15] I. for E. S. Reform, “Memanen Energi Surya dengan Listrik Surya Atap.” Institute for Essential Service Reform, 2019.
- [16] N. Karami, N. Moubayed, and R. Outbib, “General review and classification of different MPPT Techniques,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 68. Elsevier Ltd, pp. 1–18, Feb. 01, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.09.132.
- [17] S. Villamil, C. Hernández, and G. Tarazona, “An overview of internet of things,” *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.)*, vol. 18, no. 5, pp. 2320–2327, Oct. 2020, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v18i5.15911.